

University of Groningen

## A comparison of the electrical properties of polymer LEDs based on poly(thiophene)s and PPV-derivatives

Garten, Frank

**IMPORTANT NOTE:** You are advised to consult the publisher's version (publisher's PDF) if you wish to cite from it. Please check the document version below.

*Document Version*

Publisher's PDF, also known as Version of record

*Publication date:*

1998

[Link to publication in University of Groningen/UMCG research database](#)

*Citation for published version (APA):*

Garten, F. (1998). *A comparison of the electrical properties of polymer LEDs based on poly(thiophene)s and PPV-derivatives*. s.n.

### Copyright

Other than for strictly personal use, it is not permitted to download or to forward/distribute the text or part of it without the consent of the author(s) and/or copyright holder(s), unless the work is under an open content license (like Creative Commons).

The publication may also be distributed here under the terms of Article 25fa of the Dutch Copyright Act, indicated by the "Taverne" license. More information can be found on the University of Groningen website: <https://www.rug.nl/library/open-access/self-archiving-pure/taverne-amendment>.

### Take-down policy

If you believe that this document breaches copyright please contact us providing details, and we will remove access to the work immediately and investigate your claim.

*Downloaded from the University of Groningen/UMCG research database (Pure): <http://www.rug.nl/research/portal>. For technical reasons the number of authors shown on this cover page is limited to 10 maximum.*

## Samenvatting

Dit proefschrift beschrijft de elektrische eigenschappen LEDs gebaseerd op geconjugeerde polymeren. Begrip in detail van deze elektrische eigenschappen is van belang voor optimalisatie van de efficiëntie van LEDs (de verhouding tussen het aantal gegenereerde fotonen en het aantal geïnjecteerde ladingsdragers in de structuur). Het is bekend dat een goede aansluiting tussen het Fermi-niveau van de metallische electrode en de moleculaire transportniveaus van de organische halfgeleider de efficiëntie aanzienlijk verbetert. Dit is echter uitsluitend het geval wanneer de elektrische eigenschappen van het device worden gedomineerd door ladingsdrager-injectie vanuit de contacten. Dit proefschrift toont aan dat niet alle geconjugeerde polymeren geoptimaliseerd kunnen worden door reductie van de injectiebarrières, maar dat voor sommige materialen de bulk eigenschappen dominant zijn. De enkellaags en multilaags device-eigenschappen van verschillende geconjugeerde polymeren [poly(thiophene)n en PPV-afgeleiden] worden vergeleken, en laten zien dat de achtergrondconcentratie van elementen met elektrische lading die achtergebleven zijn na de synthese bepaalt hoe dominant de bulkeigenschappen zijn in vergelijking tot de contact-eigenschappen.

Een poly(3-octylthiophen)-film in contact met Al is gedeeltelijk gedepleteerd als gevolg van de hoge  $\text{FeCl}_3$ -concentratie die achterblijft na de 'oxidatieve koppeling'-synthese. In het depletiegebied is het elektrisch veld verhoogd, hetgeen leidt tot een niet-uniforme veldverdeling in het device. Aan één kant verbetert de hoge acceptor-dichtheid  $N_A$  de geleidbaarheid van P3OT, aan de andere kant vormt zij 'quenching-sites' voor excitonen.

$\text{OC}_1\text{C}_{10}$ -PPV en Si-PPV blok-copolymeren zijn beide PPV-gerelateerde materialen die gesynthetiseerd zijn volgens een 'directe koppelings'-synthese, die relatief weinig onzuiverheden achterlaat in de film. Een consequentie is dat  $N_A$  laag is, de films compleet gedepleteerd zijn en het aangelegde elektrisch veld uniform verdeeld wordt over de film. De lage  $N_A$  is echter ook een nadeel omdat de elektrische geleidbaarheid van de films veel lager is dan voor P3OT, zodat hogere elektrische velden benodigd zijn om het device te gebruiken. De hoge velden induceren enkele specifieke effecten die niet zijn geobserveerd in polymeren waar de elektrische eigenschappen bepaald zijn door de contacten: bij hoge velden laten PL experimenten zien dat optisch gegenereerde excitonen worden gedissocieerd, en dus niet bijdragen aan radiatief verval. Dit effect speelt hoogstwaarschijnlijk ook een rol voor elektrisch gegenereerde excitonen, hetgeen de quantum-efficiëntie aanzienlijk verlaagt. Het tweede effect in hoge velden is dat het gebruikelijke brede EL spectrum verandert in een aantal zeer

scherpe pieken, die het resultaat zijn van atomaire emissie van In-atomen die aanwezig zijn in het device.

Door het verdunnen van Si-PPV in een polymeermatrix wordt de overdracht van excitaties naar quenching sites gereduceerd, hetgeen resulteert in een hogere PL-efficiëntie. In H. 6 wordt aangetoond dat PVK een geschikte matrix is voor Si-PPV omdat het een goede gatengeleider is, er geen macroscopische fasescheiding optreedt en excitonen gecreëerd op PVK vervallen op de Si-PPV-ketens als gevolg van 'exciton-transfer'. De EL-efficiëntie van ITO/Si-PPV:PVK/Al-devices is echter nog steeds laag.

Deze efficiëntie wordt aanzienlijk verbeterd in een multilaags-structuur waarin PBD wordt opgedampt op Si-PPV onder de Al-electrode. In H6 laten we zien dat de efficiëntie van de devices dicht bij het theoretisch maximum komt dat verwacht wordt n.a.v. de PL-efficiëntie van de film, hetgeen aantoont dat de elektronen- en gatenbijdrage in deze multilaag gebalanceerd zijn en dat verliesstromen bestaand uit één type ladingsdrager zijn gereduceerd tot een minimum. De elektrische eigenschappen van onze multilagen met opgedampte PBD-films zijn totaal verschillend van die gerapporteerd in de literatuur, waar PBD-moleculen over het algemeen gemengd worden in een PMMA-matrix. Er wordt aangetoond dat in ons geval de grootste spanningsval optreedt over de actieve halfgeleider, terwijl normaal gesproken het grootste elektrische veld over de transportlaag staat. Onze experimenten tonen aan dat de energie-barrières aan het inwendige grensvlak alleen in de lage-velden limiet de veldverdeling bepalen, en dat bij hogere elektrische velden (wanneer ook elektronen-injectie een rol speelt) de lage geleidbaarheid van de actieve film in relatie tot de geleidbaarheid van de transportlaag de veldverdeling significant beïnvloedt.